

Arithmetical word problem solving after frontal lobe damage : a cognitive neuropsychological approach

Citation for published version (APA):

Fasotti, L. (1992). *Arithmetical word problem solving after frontal lobe damage : a cognitive neuropsychological approach*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Swets & Zeitlinger. <https://doi.org/10.26481/dis.19921112lf>

Document status and date:

Published: 01/01/1992

DOI:

[10.26481/dis.19921112lf](https://doi.org/10.26481/dis.19921112lf)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Download date: 06 May. 2023

Summary

This dissertation presents a cognitive neuropsychological approach to the issue of arithmetical word problem solving after frontal lobe damage. In six chapters, several aspects of this specific approach are highlighted. In the first chapter, a general introduction to the area of neuropsychology and arithmetical word problem solving is presented. The most influential theory related to this issue, namely A.R. Luria's, is briefly introduced. It is argued that a cognitive approach may offer a better perspective for the study of arithmetical word problem solving after frontal lobe damage.

The next two chapters discuss a number of issues pertaining to frontal lobe damage and arithmetical word problem solving. Chapter II gives a brief overview of the effects that frontal lobe lesions can have on human behavior, culminating into a description of the most influential theories dealing with the specific effects of frontal lobe damage on cognitive functioning. The difference between acalculia and defective arithmetical word problem solving is briefly discussed. Finally, several types of arithmetic word problems are outlined for which patients with frontal lesions show severe disturbances.

In chapter III, three different approaches to the issue of mathematical word problem solving after frontal brain damage are introduced and critically assessed. For several reasons, it is argued that the psychometric approach of

mental abilities cannot provide a satisfactory explanation to the issue of word problem solving after frontal lobe damage. A second approach to mathematical word problem solving is based on the "theory of activity", developed within Russian psychology. After a general outline of this theory, its application by Luria and Tsvetkova to the issue of arithmetical word problem solving after frontal lobe damage is reviewed and discussed. It is concluded that some basic concepts of the "theory of activity", used to explain impaired word problem solving with frontal patients, are poorly defined and difficult to operationalize. Finally, a cognitive approach to the issue of arithmetical word problem solving is introduced. After that, a recent shift in emphasis within this approach is described; initially, cognitive analyses emphasized the role of general problem solving methods for skillful problem solving, whereas more recently the importance of domain-specific knowledge in problem solving has been highlighted.

Within this last framework, an information processing model of mathematical word problem solving was developed. The first main stage of this model, namely the encoding of arithmetical word problem-text, is the subject of the studies of this thesis. This text-encoding consists of two different cognitive processes: a translation process, in which each individual sentence of a word problem is transformed into a semantic memory representation, and an integration process, in which the different sentences of the word problem are put together in a coherent "problem-schema". Several arguments are put forward to justify the choice of the stage of text-encoding and thus of the processes of sentence translation and information-integration as a subject of study within arithmetical word problem solving. Finally, the method and the instruments used to investigate the processes of sentence translation and information-integration are presented.

Chapters IV, V and VI present the experimental studies which have been performed for this dissertation. In three separate studies, the questions raised in the previous theoretical chapters were examined.

In chapter IV sentence translation was investigated in right, left and bilateral frontally-injured patients; patients with left posterior lesions and healthy subjects served as controls. The translation of word problem sentences was examined with a recognition and a sentence-picture matching task. In addition, the relationship between sentence representation and arithmetical word problem solving was studied. The results suggest that the translation of sentences in the recognition, as well as in the sentence-picture matching task, is severely impaired in frontally lesioned patients, when compared with healthy controls. Within the frontal subgroups only one relevant difference was found: in the recognition task, patients with right frontal lesions performed significantly better than patients with bilateral frontal lesions, sug-

gesting that verbal memory may be less affected by right frontal lesions. Patients with left posterior lesions made significantly more errors than frontally-injured patients and healthy controls in the recognition task, whereas no substantial difference between frontal and left posterior groups was found in the sentence picture-matching task. This suggests that patients with left posterior lesions may be slightly better at interpreting and understanding word problem sentences than at remembering them. Finally, a strong relationship was found between translation skills and arithmetical word problem solving capacity. This result emphasizes the major role of correct sentence translation in skillful arithmetical word problem solving performance.

In chapter V, a study is described in which a sorting task was used in order to examine the kinds of problem-schemata that healthy subjects, frontally and left posteriorly-injured patients impose upon arithmetical word problems of various types. Quantitative as well as qualitative analyses show that healthy subjects classify the arithmetical word problems according to principles that are essential for problem solving. These analyses also reveal that both the frontal and the left posterior brain-damaged groups base their sorting behavior on superficial text-characteristics, such as the objects referred to in the various word problems. The implications of these differences in sorting behavior for arithmetical word problem solving are discussed.

The purpose of the study reported in chapter VI is to examine whether a cueing procedure, aiming at the improvement of sentence translation and problem-schema understanding, can ameliorate arithmetical word problem solving in patients with frontal and left posterior brain lesions. The results indicate that this cueing procedure improves the solving performance of frontal patients but not of patients with left posterior lesions. This suggests that the nature of the encoding deficit may differ between these groups: the frontal patients' processing of problem-text seems to be impulsive and haphazard, whereas indirect evidence points to a language understanding deficit in patients with left posterior lesions. Although frontal patients improve their word problem performance significantly after verbal cueing, they are not able to utilize the cueing procedure spontaneously, suggesting an absence of a central executive or of a supervisory system which serves an executive function. The difference between both types of encoding deficit is discussed and some implications for rehabilitation are suggested.

In chapter VII the general findings of the present study are discussed in view of current theories about cognitive impairment after frontal lobe damage. It is concluded that, unlike some authors suggest, defective arithmetical word problem solving after frontal lobe damage cannot solely be attributed to a defective recall of solution procedures. It is also argued that in tasks with a

substantial text-processing component, the correct encoding of the problem-text can be severely impaired for patients with frontal lobe lesions, even before impairments of planning become apparent. Several theories state that problems in planning are the main, if not the only, symptom characteristic to frontal lobe damage. The results of the present study show that these theories need to be refined. The same conclusion is drawn with respect to Luria and Tsvetkova's ideas. Next, several suggestions for further research are presented. The limitations of general theories of frontal lobe functioning are discussed and a more widespread use of task analysis in frontal lobe research is put forward. As a way of testing whether some slight effects found with the tasks of the present study are genuine, the use of tasks requiring a deeper level of processing is suggested. As some conclusions were based on studies with other than brain damaged subjects, a more direct approach of these topics is recommended.

The practical implications of the present findings, especially for rehabilitation, are twofold. Exercises for frontal patients should stress meticulous reading and encoding of the problem-text, whereas patients with left posterior lesions should use external aids enhancing the understanding of verbal information.

Finally, the use of problem solving tasks with a high predictive value with regard to everyday problem solving is advocated.

Samenvatting

Deze dissertatie beschrijft een cognitief-psychologische benadering van het oplossen van redactie-opgaven bij patiënten met frontale hersenletsels. In zes achtereenvolgende hoofdstukken worden diverse aspecten van deze specifieke benadering behandeld. In het eerste hoofdstuk wordt een algemene inleiding op het terrein van de neuropsychologische studie van redactie-opgaven gegeven. De meest invloedrijke theorie op dit gebied, die van A.R. Luria, wordt kort geïntroduceerd. Daarna worden enkele argumenten geformuleerd die pleiten voor een meer cognitief-psychologische benadering van het probleem van redactie-opgaven bij patiënten met frontale hersenlaesies.

In de twee volgende hoofdstukken komen enkele specifiekere aspecten van het frontaalsyndroom en het oplossen van redactie-opgaven aan de orde. Hoofdstuk II begint met een kort overzicht van de gevolgen die frontale hersenletsels kunnen hebben op het menselijk gedrag, gevolgd door een beschrijving van de meest invloedrijke theorieën die de specifieke gevolgen van frontale hersenletsels op het cognitief functioneren behandelen. Het verschil tussen acalculieën en stoornissen in het oplossen van redactie-opgaven wordt kort aangegeven. Tenslotte worden diverse typen redactie-opgaven beschreven die door patiënten met frontale hersenletsels niet kunnen worden opgelost. In hoofdstuk III worden drie mogelijke benaderingen van het pro-

bleem van redactie-opgaven bij patiënten met frontale hersenletsels geïntroduceerd en kritisch geëvalueerd. Op basis van diverse argumenten wordt gesteld dat een psychometrische benadering geen uitputtend antwoord kan bieden op het gestelde probleem. Een tweede benadering van het oplossen van redactiesommen na frontaal hersenletsel is gebaseerd op de zogenaamde "handelingstheorie", ontwikkeld in de Russische psychologie. Na een algemene beschrijving van deze theorie wordt de toepassing ervan door Luria en Tsvetkova op het onderwerp van redactie-opgaven na frontaal hersenletsel besproken. De conclusie is dat enkele basisbegrippen van de handelings-theorie moeilijk te definiëren en te operationaliseren zijn. Tenslotte wordt een cognitieve benadering van het probleem van het oplossen van redactie-opgaven na frontaal hersenletsel gepresenteerd. Er wordt ingegaan op een recente theoretische verschuiving binnen deze benadering: daar waar aanvankelijk bij cognitief-psychologisch onderzoek van probleemoplossen het belang van algemene oplossingsmethoden op de voorgrond stond, beklemtoont men sinds kort het belang van domeinspecifieke kennis.

Binnen dit domeinspecifieke kader is een informatieverwerkingsmodel van het oplossen van redactie-opgaven geformuleerd. Het eerste stadium van dit model betreft de verwerking van de opgavetekst en is het onderwerp van deze dissertatie. Deze verwerking van opgavetekst doet een beroep op twee verschillende cognitieve processen, te weten: een omzettingsproces, waarin iedere zin van de redactie-opgave wordt omgezet in een semantische geheugenrepresentatie, en een integratieproces, waarin de verschillende zinnen van de opgave worden samengevoegd tot een coherent probleemschema. Diverse argumenten worden gegeven waarom in dit proefschrift gekozen is voor de bestudering van het stadium van tekstverwerking, te weten van zinsrepresentatie en integratie van probleeminformatie. Tenslotte worden de methode en de instrumenten gepresenteerd die gebruikt worden om de representatie van zinnen en de integratie van probleeminformatie te onderzoeken.

In de hoofdstukken IV, V en VI worden de experimentele studies beschreven die voor dit proefschrift zijn verricht. In drie verschillende studies zijn de vragen, die in de voorgaande hoofdstukken werden gesteld, nader onderzocht.

In hoofdstuk IV is het hierboven genoemde zinsrepresentatieproces bij patiënten met rechtse, linkse en bifrontale hersenletsels onderzocht; patiënten met links-posterieure letsels en gezonde proefpersonen vormden de controle-groepen. De representatie van zinnen uit redactie-opgaven is onderzocht door middel van een herkenningstaak en een zin-figuur vergelijkingstaak. Bovendien is de relatie tussen de interne representatie van zinnen uit redactie-opgaven en het oplossen van deze opgaven onderzocht. De resultaten suggereren dat de representatie van zinnen uit redactie-opgaven in zowel de

herkenningstaak als de zin-figuur vergelijkingstaak ernstig gestoord is bij patiënten met frontale hersenletsels. Binnen de diverse subgroepen met frontaal hersenletsel was er één significant verschil: in de herkenningstaak presteerden de patiënten met rechts-frontale letsels beter dan de patiënten met bilateraal-frontale letsels, hetgeen suggereert dat verbale geheugenprocessen minder ernstig gestoord zijn na rechts-frontale laesies. Patiënten met links-posterieure letsels presteerden significant slechter dan de frontale groep en de gezonde controles in de herkenningstaak, terwijl er geen significant verschil was tussen de links-posterieure en de frontale groepen in de zin-figuur vergelijkingstaak. Dit laatste suggereert dat patiënten met links-posterieure letsels zinnen uit redactie-opgaven enigszins beter kunnen interpreteren en begrijpen dan onthouden. Tenslotte wezen de resultaten op een sterke relatie tussen zinsrepresentatie en vaardigheid in het oplossen van redactiesommen. Dit laatste resultaat bevestigt de belangrijke rol van een adequate representatie van zinnen in het oplossingsproces van redactie-opgaven.

In hoofdstuk V wordt een studie beschreven waarin een sorteertaak werd gebruikt om na te gaan welke probleemschemata gezonde controles, patiënten met frontale letsels en patiënten met links-posterieure letsels gebruiken om verschillende redactie-opgaven te classificeren. Kwantitatieve en kwalitatieve analyses laten zien dat de gezonde proefpersonen de redactie-opgaven sorteren volgens principes die bepalend zijn voor de efficiëntie van het verdere oplossingsproces. Uit dezelfde analyses blijkt ook dat patiënten met frontale en patiënten met links-posterieure letsels hun sorteergedrag baseren op oppervlakkige, vaak fysieke kenmerken beschreven in het probleem, zoals bijvoorbeeld de voorwerpen die in het probleem worden genoemd. Aan het einde van de studie worden de implicaties van deze verschillen in sorteergedrag voor het oplossen van redactie-opgaven besproken.

Het doel van de in hoofdstuk VI beschreven studie is te onderzoeken of een verbale cueing-procedure om zinsrepresentatie en integratie van probleem-informatie te verbeteren ook tot een efficiëntere oplossing van redactie-opgaven leidt bij patiënten met frontale en links-posterieure hersenletsels. De resultaten tonen aan dat de cueing-procedure wel bij patiënten met frontale hersenletsels maar niet bij patiënten met links-posterieure letsels het oplossen van redactie-opgaven verbetert. Dit wijst erop dat de aard van de tekst-verwerkingsstoornis in beide groepen verschilt: patiënten met frontale letsels coderen de opgavetekst op een impulsieve en willekeurige manier, terwijl er indirecte aanwijzingen zijn dat patiënten met posterieure letsels eerder met taalbegripsproblemen te maken hebben. Alhoewel de oplossingsvaardigheid van patiënten met frontale letsels significant verbetert met behulp van de cueing-procedure, blijken deze patiënten niet in staat de cueing-procedure spontaan te gebruiken, hetgeen wijst op een fundamenteel leerprobleem en

op een stoornis in de organisatie van de taakuitvoering. De verschillen tussen de genoemde tekstverwerkingsstoornissen worden besproken en een aantal implicaties voor revalidatie worden aangegeven.

In hoofdstuk VII worden de bevindingen van de studies besproken in het kader van een aantal recente theorieën over cognitieve stoornissen na frontaal hersenletsel. Er wordt geconcludeerd dat stoornissen in het oplossen van redactie-opgaven na frontaal hersenletsel niet alleen kunnen worden toegeschreven aan het onvermogen om oplossingsprocedures op te roepen, zoals enkele onderzoekers stellen. Er wordt ook beargumenteerd dat in taken met veel verbale informatie bij patiënten met frontale hersenletsels de correcte representatie van de opgavetekst ernstig gestoord kan zijn, zelfs voordat er sprake is van enige planningsstoornis. Diverse theorieën stellen inderdaad dat stoornissen in de planningsvaardigheid het belangrijkste, zo niet het enige symptoom zijn dat karakteristiek is voor frontaal hersenletsel. De resultaten van de drie studies tonen aan dat deze theorieën gedeeltelijk herzien dienen te worden. Dezelfde conclusie geldt ook voor Luria's en Tsvetkova's ideeën. Vervolgens worden enkele suggesties voor verder onderzoek geformuleerd. De beperkingen van algemene theorieën over de rol van de frontaalkwab in het cognitief functioneren worden besproken en er wordt voorgesteld om de rol van taakanalyses in het onderzoek naar de gevolgen van frontaal hersenletsel uit te breiden. Ook wordt gesuggereerd om een aantal niet-significante verschillen opnieuw te onderzoeken met taken die een diepere tekstverwerking veronderstellen. Voor enkele conclusies, gebaseerd op studies met andere groepen dan hersenletselpatiënten, wordt een meer directe aanpak aanbevolen.

De praktische implicaties van de studies voor de revalidatie van stoornissen in het oplossen van redactiesommen zijn tweeledig. Voor patiënten met frontale hersenletsels worden oefeningen die een beroep doen op het nauwgezet lezen en verwerken van een opgavetekst aanbevolen, terwijl bij patiënten met links-posterieure laesies het gebruik van materiële hulpmiddelen, die het begrip van verbale informatie ondersteunen, wordt geadviseerd.

Tenslotte wordt het gebruik van probleemtaken met een hoge voorspellende waarde ten aanzien van alledaagse probleemsituaties bepleit.